

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Nemocniční lůžko pro uplatnění hypotermie

Clinical Bed for Inducing Hypothermia Disposition

Student:

Bc. Martin Khýr

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Khýr**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Nemocniční lůžko pro uplatnění hypotermie**
Clinical Bed for Inducing Hypothermia Disposition
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Pro potřebu medicíny navrhnete nemocniční lůžko pro uplatnění hypotermie. Při zpracování návrhu zařízení vycházejte z českého patentového spisu 303 114.

Proveďte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – upřesnění zadání, seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.
2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.
3. Výrobní výkresovou dokumentaci zařízení.

Rozsah výtahu z rešerše z Diplomového projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 2A0.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory.*

Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.*

Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka.*

Zürich: Heurista, 1995, 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.

FS_SME_05_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŽE – zpracovaná v rámci Diplomového projektu.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16.5.2016

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložena vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было с́еднано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было с́еднано, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16.5.2016

.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Martin Khýr

Adresa trvalého pobytu autora práce: Za řekou 173, Česká Ves 790 81

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KHÝR, Martin. Nemocniční lůžko pro uplatnění hypotermie: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2016, 91s. Vedoucí diplomové práce: Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Diplomová práce se zabývá tvarovým a konstrukčním návrhem nemocničního lůžka pro uplatnění hypotermie. Na úvod jsou stanoveny cíle a vytvořena rešerše, která zkoumá uplatnění hypotermie ve zdravotnictví. Z těchto informací je vypracováno několik návrhů, z kterých je vybrán jeden pro další zpracování. Pro zpracovávání návrh je vytvořena ergonomická studie. Pro zajištění bezpečnosti při používání lůžka jsou vybrány příslušné bezpečné materiály pro zdravotnictví. Lůžko je navrženo se všemi doplňujícími systémy potřebnými k funkci lůžka. Výkresová dokumentace je zpracována v rozsahu sestavného výkresu lůžka a kompletní výrobní dokumentaci chladicího bloku, doplněna o důležité pevnostní a stabilizační výpočty. V závěru je zhodnocena celá diplomová práce.

Klíčová slova:

Peltiérův; chlazení; vodní; ergonomie; hypotermie

ANNOTATION DIPLOMA THESIS

KHÝR, Martin. Clinical Bed for Inducing Hypothermia Disposition: diploma thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of mechanical engineering, Department of Production Machines and Design, 2016, 91p. Head of the work: Ing. Zdeněk Noga, CSc.

The diploma thesis deals with the shape and structural design of the hospital bed for the application of hypothermia. At the beginning of the set objectives and create research that examines the application of hypothermia in medicine. This information is drafted several proposals, of which one is selected for further processing. For drafting is created ergonomic studies. To ensure safety when using the beds are selected appropriate materials safe for health and care. The bed is designed with all additional systems necessary for operation of the bed. The drawings are processed within the scope of the assembly drawing beds and complete

producing documentation cooling block, complemented by an important strength and stabilization calculations. In conclusion, it evaluated the whole diploma thesis.

Keywords:

Peltier; cooling; aquatic; ergonomics; hypothermia

OBSAH

| | |
|--|--|
| SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ..... | 11 |
| 1 ÚVOD..... | 16 |
| 2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE..... | 17 |
| 3 REŠERŠE | 18 |
| 3.1 DRUHY LŮŽEK | 18 |
| 3.2 TĚLESNÁ TEPLOTA ČLOVĚKA | 19 |
| 3.3 PRODUKCE TEPLA V ORGANISMU | 19 |
| 3.4 ZPŮSOBY A METODY CHLAZENÍ | 20 |
| 4 ORGÁNOVÁ STRUKTURA..... | 22 |
| 4.1 MORFOLOGICKÁ MATICE | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 5 NAVRHOVANÉ VARIANTY LŮŽKA PRO UPLATNĚNÍ HYPOTERMIE..... | 23 |
| 5.1 1. VARIANTA | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 5.2 2. VARIANTA | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 5.3 3. VARIANTA | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 6 ZHODNOCENÍ A VÝBĚR ZPRACOVANÉ VARIANTY | 26 |
| 7 HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA | 27 |
| 7.1 TEPELNÁ BILANCE ČLOVĚKA | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.1.1 Energetický výdej..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.1.2 Energetický výdej člověka radiací..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.1.3 Energetický výdej konvekci..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.1.4 Energetický výdej kondukcí [18] | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.1.5 Zhodnocení energetického výdeje..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.2 NÁVRH LOŽNÉ PLOCHY Z HLEDISKA ERGONOMIE. CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. | |
| 7.2.1 tepelně Vodivé materiály ložné plochy | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.2.2 Rozdělení ložné plochy..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.2.3 Polohování lůžka..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.2.4 Materiál dílů ložné plochy..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |

| | | |
|--------|---|--|
| 7.2.5 | Zabezpečení přechodového dílu..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.3 | AKUMULOVANÉ TEPLO A ČAS PRO JEHO VYCHLAZENÍ | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.3.1 | Akumulované teplo v lidském těle..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.3.2 | Akumulované teplo v chladicí podložce..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.3.3 | Optimální chladicí výkon | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.4 | ELEKTRICKÝ PŘÍKON CHLADICÍ PODLOŽKY | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.4.1 | Dimenzování průřezu elektrického vodiče pro Peltierovy články .. | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.5 | PELTIEROVY ČLÁNKY A SYSTÉM CHLAZENÍ | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.6 | VÝPOČET CHLAZENÍ PELTIÉROVÝCH ČLÁNKŮ | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.7 | NÁDRŽ NA VODU A JEDNOTLIVÉ HYDRAULICKÉ PRVKY | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.8 | TLAKOVÉ ZTRÁTY V POTRUBÍ VODNÍHO CHLAZENÍ | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.9 | RÁMOVÁ KONSTRUKCE LŮŽKA | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.9.1 | Aktuátory pro zdravotnictví | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.10 | KONTROLA ČEPŮ A ŠROUBŮ RÁMOVÉ KONSTRUKCE | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.10.1 | Kontrola šroubů a čepů umístěných horizontálně | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.10.2 | Pevnostní kontrola šroubů umístěných vertikálně v konstrukci rámu | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.11 | SKLOPNÉ RAMENO S ŘÍDÍCÍ JEDNOTKOU (PC) .. | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.12 | ZDRAVOTNICKÉ KOLEČKA | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.13 | SPÍNANÉ ZDROJE PRO ZDRAVOTNICTVÍ | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.13.1 | Propojení elektronických komponent..... | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.14 | UCHYCENÍ KRYTOVÁCÍCH PLECHŮ LŮŽKA..... | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.15 | TECHNICKÉ ŘEŠENÍ POSTRANIC..... | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 7.15.1 | Návrh postranic lůžka z hlediska ergonomie. | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 7.15.2 | Materiál postranic | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 8 | ČÍSTÁ STAVAVEBNÍ STRUKTURA..... | 72 |

| | | |
|-------|---|--|
| 8.1 | ZATÍŽENÍ RÁMU | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 8.2 | ZATÍŽENÍ JEDNOTLIVÝCH STRAN..... | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 8.2.1 | <i>Zatížení přední části lůžka</i> | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 8.2.2 | <i>Zatížení zadní části lůžka.....</i> | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 8.2.3 | <i>Zatížení boční strany v přední části lůžka</i> | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 8.2.4 | <i>Zatížení boční strany v zadní části lůžka</i> | <i>Chyba! Záložka není definována.</i> |
| 8.3 | KONEČNÉ VYHODNOCENÍ MKP | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 9 | ZÁVĚR | 81 |
| 10 | POUŽITÁ LITERATURA..... | 82 |
| 11 | SEZNAM OBRÁZKŮ | 87 |
| 12 | SEZNAM TABULEK..... | 90 |
| 13 | SEZNAM PŘÍLOH..... | 91 |

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

| | |
|-----------------------------|---|
| a_1, a_2 [mm] | – délka, na které působí otláčení spoje |
| A_l [m ²] | – povrch chlazené ložné plochy |
| A_r [m ²] | – povrch lidského těla při radiaci |
| A_v [m ²] | – povrch lidského těla při kondukcii |
| A [m ²] | – povrch lidského těla |
| AEE [W] | – tepelná ztráta člověka |
| AF [–] | – faktor aktivity |
| BEE [W] | – tepelná ztráta člověka |
| c_p [J/kg. K] | – měrná tepelná kapacita |
| c_{p976} [J/kg. K] | – měrná tepelná kapacita THERM – A – GAP™ |
| c_{ph} [J/kg. K] | – měrná tepelná kapacita hliníku |
| c_{pPVC} [J/kg. K] | – měrná tepelná kapacita PVC |
| c_{pv}, c_{h2o} [J/kg. K] | – měrná tepelná kapacita vody |
| Cd [W] | – tepelná ztráta (zisk) vedením |
| Cv [W] | – tepelná ztráta (zisk) prouděním |
| d_1 [mm] | – průměr čepu |
| d_2 [mm] | – střední průměr závitu |
| d_3 [mm] | – malý průměr závitu |
| d_{hadice} [m] | – průměr hadice |
| d_t [m] | – tloušťka tukové vrstvy |
| E_{resp} [W] | – tepelná ztráta dýcháním (latentní) |
| E_{diff} [W] | – tepelná ztráta difuzí pokožky |
| E_{rsw} [W] | – tepelná ztráta běžným pocením |
| f [–] | – koeficient pro Nusseltovo číslo |
| F_{500} [N] | – síla při zatížení 500 kg |
| h_c [$\frac{W}{m^2.K}$] | – koeficient přestupu tepla rozhraním |
| h_{976} [m] | – výška THERM – A – GAP™ |

| | |
|-----------------------------|---|
| h_h [m] | – výška hliníku |
| h_{PVC} [m] | – výška PVC vrstvy |
| h_z [m] | – ztrátová výška čerpadla |
| H [m] | – výška postavy |
| I [A] | – elektrický proud |
| IF [–] | – faktor poškození |
| k_k [–] | – drsnost kanálku |
| ks [–] | – bezpečnost šroubu |
| l [m] | – délka vodiče |
| l [m] | – hydraulický průměr kanálku |
| L [mm] | – rameno, na kterém působí ohybový moment |
| L_{hadice} [m] | – délka hadice |
| L_b [m] | – délka kanálku v chladícím bloku |
| L [W] | – tepelná ztráta dýcháním (citelná) |
| m_o [–] | – množství místních odporů |
| m [kg] | – váha člověka |
| M_{o1} [Nmm] | – ohybový moment |
| M_{zt} [mm ⁴] | – kvadratický moment v krutu |
| M [W] | – hodnota metabolismu |
| m_{h2o} [kg/s] | – hmotnostní průtok vody pro ochlazení 60 W |
| Nu [–] | – Nusseltovo číslo |
| P [W] | – chladicí výkon |
| Pr [–] | – Prandtlovo číslo |
| p_D [MPa] | – dovolené napětí v tlaku |
| p_c [kPa] | – celkové tlakové ztráty pro jedno čerpadlo |
| p_f [kPa] | – tlakové ztráty vlivem místních odporů |
| p_{t1}, p_{t2} [MPa] | – napětí v tlaku |
| p_{zth} [kPa] | – tlaková ztráta třením v hadici |

| | |
|------------------------------|--|
| p_{ztb} [kPa] | – tlaková ztráta třením v chladícím bloku |
| o_b [m] | – obvod kanálku v chladícím bloku |
| O [–] | – faktor obezity |
| P_{ch} [W] | – výkon chladícího bloku |
| P_p [W] | – elektrický příkon |
| P_z [%] | – úbytek elektrického napětí |
| q_p [$\frac{W}{m^2}$] | – tepelný tok konvekce |
| Q [J] | – akumulované teplo |
| Q_p [W] | – tepelná ztráta konvekcí |
| Q_r [W] | – výdej tepla radiací |
| Q_v [W] | – tepelná ztráta kondukci |
| Q_{10} [m ³ /s] | – průtok vody pro 10 peltiérů |
| Q_{976} [J] | – akumulované teplo THERM – A – GAP™ |
| $Q_{člověka}$ [J] | – akumulované teplo |
| $Q_{hliník}$ [J] | – akumulované teplo hliník |
| Q_{PVC} [J] | – akumulované teplo PVC vrstva |
| Q_a [J] | – akumulované teplo |
| Q_{ex} [l/hod] | – průtok vody |
| $Q_{podložka}$ [J] | – akumulované teplo v chlazené podložce |
| Q_v [m ³ /s] | – objemový průtok vody |
| R [W] | – tepelná ztráta (zisk) sáláním |
| Re_b [–] | – Reynoldsovo číslo |
| R [N] | – reakce na sílu F_{500} |
| Re [MPa] | – mez kluzu v tahu |
| S_h [m ²] | – průřez hadice |
| S_b [m ²] | – průtočná plocha kanálku v chladícím bloku |
| S_t [m ²] | – teplosměnná plocha v chladícím bloku |
| S_v [mm ²] | – průřez elektrického kabelu k peltiérovým článkům |

| | |
|---------------------------------|---|
| t_1 [°C] | – teplota člověka |
| T_1 [K] | – teplota člověka |
| t_2 [°C] | – počáteční teplota |
| T_2 [K] | – teplota okolí |
| T_3 [K] | – teplota podložky |
| t_4 [°C] | – teplota vychlazeného člověka |
| t_5 [°C] | – konečná teplota |
| t_{h2o1} [°C] | – teplota vody na vstupu do chladicím bloku |
| t_{h2o2} [°C] | – teplota vody na výstupu z chladicím bloku |
| t_p [°C] | – teplota teplé strany peltierova článku |
| t_{vody} [°C] | – teplota vody v hadici |
| TF [–] | – faktor teploty |
| U [V] | – elektrické napětí |
| V [m ³] | – objem |
| V_{976} [m ³] | – objem THERM – A – GAP™ |
| V_{ex} [l] | – objem expanzní nádoby |
| V_{pvc} [m ³] | – objem PVC vrstvy |
| W [kg] | – váha člověka |
| W_k [mm ³] | – průřezový mohul v krutu |
| W_{o1} [mm ³] | – průřezový mohul v ohybu |
| Z [rok] | – stáří člověka |
| λ_h [–] | – Součinitel tření v hadici |
| λ_b [–] | – Součinitel tření v chladicím bloku |
| λ_t [W/m. K] | – koeficient tepelné vodivosti tuku |
| λ_t [W/m. K] | – teplotní vodivost vody |
| ν_{40} [m ² /s] | – kinematická viskozita vody při 40°C |
| ν_{h2o} [m ² /s] | – kinematická viskozita vody |
| ρ_h [kg/m ³] | – hustota hliníku |

| | |
|--|---|
| $\rho_{h2o} [\text{kg/m}^3]$ | – hustota vody |
| $\rho_{PVC} [\text{kg/m}^3]$ | – hustota PVC |
| $v_p [\text{m/s}]$ | – rychlost proudění v chladícím bloku |
| $\alpha_{ch} [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$ | – součinitel přestupu tepla v chladícím bloku |
| $\gamma_{m\acute{e}di} \left[\text{S} \cdot \frac{\text{m}}{\text{mm}^2} \right]$ | – elektrická vodivost mědi |
| $\rho_{vody_{40}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$ | – hustota vody při 40 °C |
| $\sigma_{Do} [\text{MPa}]$ | – dovolené napětí v ohybu |
| $\sigma_{o1} [\text{MPa}]$ | – napětí v ohybu |
| $\tau_{Ds} [\text{MPa}]$ | – dovolené napětí ve střihu |
| $\tau_k [\text{MPa}]$ | – napětí v krutu |
| $\tau_s [\text{MPa}]$ | – napětí ve střihu |
| $\varphi' [^\circ]$ | – třecí redukovaný úhel |
| $\Delta t_{ln} [^\circ\text{C}]$ | – logaritmická teplotní difference |
| $\Delta S [\text{W}]$ | – změna tepelné kapacity |
| $\Delta t_{h2o} [^\circ\text{C}]$ | – teplotní rozdíl vody na vstupu a výstupu |
| $\rho [\text{kg/m}^3]$ | – hustota |
| $\sigma [\text{m}^2]$ | – Stefanova – Boltzmannova konstanta |
| $v [^\circ\text{C/hod}]$ | – rychlost vychlazování |
| $\varepsilon [-]$ | – emisivita |
| $\xi [-]$ | – součinitel místního odporu |
| $\tau [\text{s}]$ | – čas |
| $\psi [^\circ]$ | – úhel stoupání závitu |

1 ÚVOD

Nemocniční lůžka jsou základním prvkem v každém nemocničním nebo pečovatelském zařízení. Existují různé typy od jednoduchých po velice sofistikované lůžka, které dokáží zabránit vzniku proleženin, dají se polohovat do mnoha poloh a jsou v nich obsaženy systémy pro měření jednotlivých životních funkcí apod.

Ve své diplomové práci jsem se snažil navrhnout speciální lůžko, které je uplatnitelné ve standardním zdravotnictví, ale s obsahem prvku, který je pro lůžka netypickým – chlazením, které bude schopno ochlazovat a zpět zahřívat člověka na určitou teplotu. Zařízení na ochlazování bývají většinou přídatným zařízením. Snažil jsem se použít metodu chlazení dosud neaplikovanou v těchto zařízeních.

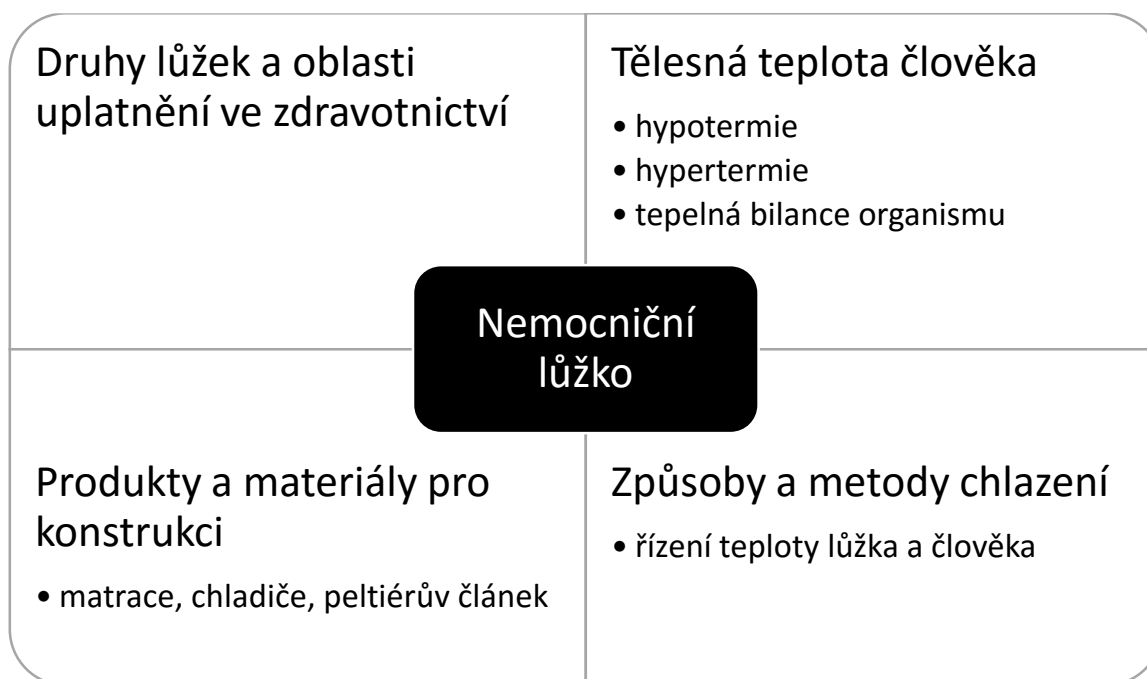
Hypotermie se používá ve zdravotnictví v různých stupních (1-4) a metodách ochlazování (povrchové, lokální, intravaskulární). Zaměřil jsem se na povrchové celkové chlazení organismu. Je dokázáno, že hypotermie pomáhá při úrazech mozku, infarktu a dokáže snížit nitrolební tlak. Také příznivě působí při snížení horečky u pacientů po poranění lebky a po infarktu. Vzhledem k ne zcela prozkoumanému působení hypotermie na člověka se toto lůžko dá uplatnit ve studiích vlivu hypotermie na organismus, které probíhají v různých zdravotních střediscích.

Konstrukční návrh lůžka je plně funkční. Přednostmi tohoto lůžka jsou konstrukční inovace, design, univerzálnost, to umožňuje lůžko použít v každém zdravotnickém zařízení. Materiály použité na konstrukci lůžka zajišťují bezpečnost uživatele a jeho okolí.

2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

- Obeznámit se s tematikou nemocničních lůžek a hypotermie,
- zpracovat rešerši o nemocničních lůžkách, způsobech chlazení, produktech potřebných ke konstrukci, tepelné bilanci člověka, hypotermii,
- navrhnout 3 varianty řešení nemocničního lůžka pro uplatnění hypotermie,
- vypracovat technickou zprávu se seznamem funkcí a požadovanými vlastnostmi navrhovaného nemocničního lůžka,
- vypracovat konstrukční návrh vybrané varianty nemocničního lůžka,
- provést tepelnou analýzu a pevnostní kontrolu konstrukce,
- použít optimální materiály v konstrukci.

3 REŠERŠE



obr.1. Hlediska zohledněné pro konstrukci nemocničního lůžka pro uplatnění hypotermie

3.1 DRUHY LŮŽEK

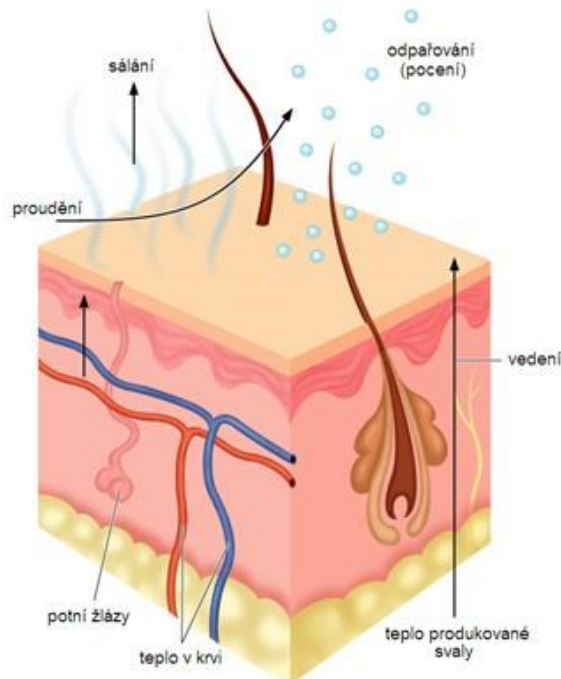
V oblasti zdravotnictví rozlišujeme lůžka pro standardní péči a intenzivní péči, ty obsahují různá měřicí zařízení a jsou složitější konstrukce než standardní lůžka. Další kategorie jsou speciální lůžka, zaměřující se na určitou diagnózu nebo postižení pacienta, které neumožňuje uložení na standardní lůžko. [63]



obr.2. Lůžko Multicare LE od firmy Linet [63]

3.2 TĚLESNÁ TEPLOTA ČLOVĚKA

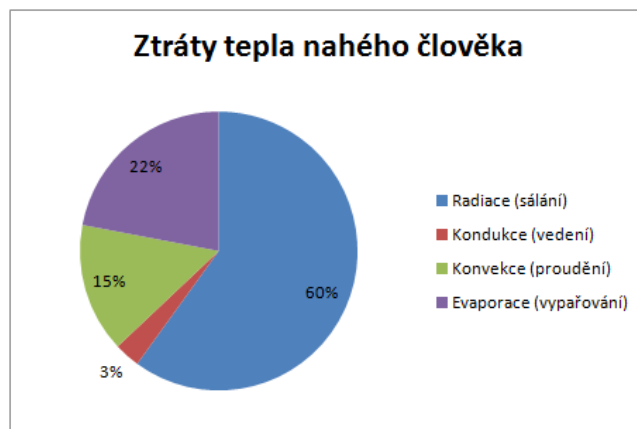
Tvorba tepla probíhá hlavně v jádře, a to především v játrech a svalech. Při zátěži se teplo vytváří až z 70 % ve svalech a 30 % v ostatních orgánech. [10]



obr.3. Mechanismy výdeje tepla [10]

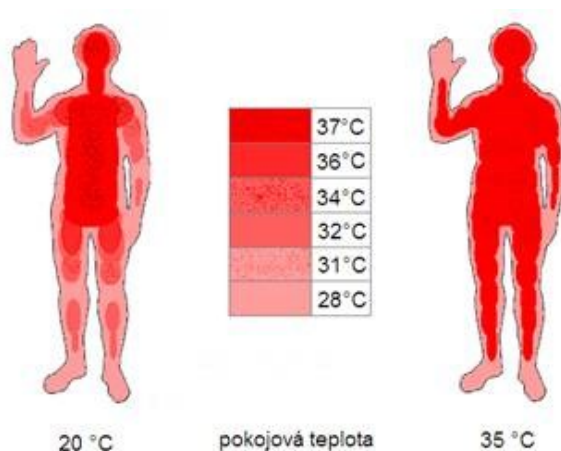
3.3 PRODUKCE TEPLA V ORGANISMU

Teplo vzniká v těle především jako vedlejší efekt metabolických procesů a důsledek svalové práce. V klidu je více než polovina (56 %) tepla produkována ve vnitřních orgánech.[11]



obr.4. Ztráta tepla nahého člověka – graficky [11]

U zdravého jedince je ideální hodnota rozdílu teploty mezi slupkou a jádrem 4°C. Kůže má tedy teplotu okolo 33°C. [12]



obr.5. *Teplota organismu při okolní teplotě 20 °C a 35°C [10]*

3.4 ZPŮSOBY A METODY CHLAZENÍ

Arctic Sun

Regulace teploty systémem Arctic Sun je neinvazivní cílený systém řízení teploty, resp. lékařské zařízení sloužící k modulaci teploty pacienta s přesnou cirkulací ochlazené vody. Voda proudí v polštářcích, přímo přilepených na kůži pacienta. Používá různých teplot vody a důmyslný počítačový algoritmus, tělesná teplota pacienta může být řízena s přesností 0,2 °C. Přístroj je vyráběn firmou Medivance, Inc. [12]



obr.6. *Arctic Sun® 5000 Temperature Management System [13]*

Blanketrol III

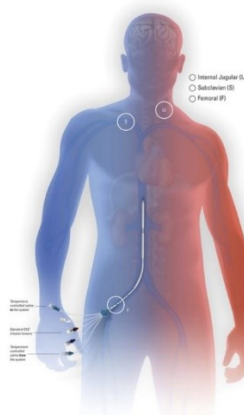
Vysoce efektivní hyper-hypotermický vodní systém představuje nejrychlejší alternativu kontrolovaného a definovaného řízení pacientovy teploty. Přístroj je vybaven funkcemi, které jej činí nejmodernějším ze všech hyper-hypotermických systémů. [14]



obr.7. *Blanketrol III [14]*

Thermogard XP

Řídicí systém teploty ZOLL Thermogard XP® poskytuje novou úroveň přesného a rychlého ovládání teploty jádra pacienta pro obě léčebné aplikace - chlazení a oteplení. [15]



obr.8. *Ukázka zavedení katétru do krevního řečiště [15]*

4 ORGÁNOVÁ STRUKTURA

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

5 NAVRHOVANÉ VARIANTY LŮŽKA PRO UPLATNĚNÍ HYPOTERMIE

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

6 ZHODNOCENÍ A VÝBĚR ZPRACOVANÉ VARIANTY

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

7 HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

8 ČISTÁ STAVAVEBNÍ STRUKTURA

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

9 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zabýval konstrukčním návrhem nemocničního lůžka pro uplatnění hypotermie a jeho designem. Lůžko má být použitelné v nemocničních prostorách, s ohledem na příslušné normy. Vytvořil jsem nemocniční lůžko, které je dostatečně bezpečné a nahrazuje jiné nemocniční lůžka. Pro lůžko jsem navrhl systém chlazení, využívající Peltiérový články. Následně jsem pro řízení těchto článků navrhl vodní chlazení. Celý návrh jsem podložil výpočty chlazení, tlakových ztrát a pevnostního zatížení, nejvíce namáhaných prvků konstrukce. K zajištění dostatečné bezpečnosti jsem také kladl velký důraz na použité materiály, které určil také za pomoci MKP analýzy.

Na ložnou plochu jsem aplikoval ergonomickou studii, ze které jasně vyplývá, že lůžko je konstruované pro velkého i malého člověka. Celé lůžko je pojízdné, kde byl brán ohled na velkou váhu celé konstrukce.

Při procesu konstruování jsem bral ohledy na ergonomii a design lůžka. Dále také na možnost opravit celý systém chlazení v případě poruchy. Na dostupnost k jednotlivým prvkům lůžka.

Diplomová práce obsahuje řadu systémů navržených speciálně pro tento druh lůžka a účel použití. V budoucnu by bylo hlavním cílem zefektivnit celý systém chlazení, aby nároky na provoz byly co nejnižší. Dále odlehčení konstrukce a tak zefektivnit mobilitu tohoto lůžka.

Lůžko by mělo sloužit primárně pro pacienty po úrazech mozku a infarktu. Může se, ale použít i pro výzkum hypotermie, která v současné době není zcela prozkoumána vzhledem k působení na člověka. Pro ještě efektivnější chlazení pacienta se může kombinovat s chladicími přikrývkami, nebo jinými přístroji.

10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HARRIS, J. Arthur and BENEDICT, Francis G. Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 4, No. 12 (December 1918): s.370–373.
- [2] HRONEK, Miloslav et ZADÁK, Zdeněk. Stanovení potřeby energie in: ZADÁK, Zdeněk. KVĚTINA, Jaroslav. et al. Metodologie předklinického a klinického výzkumu v metabolismu, výživě, imunologii a farmakologii. Praha : Galen, 2011. 255 – 268 s.
- [3] DuBois D, DuBois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. Arch Intern Medicine. 1916; 17:863-71.
- [4] PARSONS, Ken. Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance. CRC Press, 2014. 536 s.
- [5] KRUTIL, Jaroslav a KOZUBKOVÁ, Milada. Modelování přestupu tepla ve výměnících - sbírka příkladů, Ostrava 2011, s.8-23, ISBN 978-80-248-2712-4
- [6] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky, 3.doplněné vydání, Úvaly : ALBRA, 2006. 266 s., ISBN 80-7361-033-7
- [7] KALÁB, Květoslav. Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů, Skripta VŠB-TU Ostrava, Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2012, ISBN 978-80-248-1860-3
- [8] KALÁB, Květoslav.: Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací. Skripta VŠB-TU Ostrava, Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2007, ISBN 978-80-248-1290-8.
- [9] TZB-INFO. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [10] Inovace SEBS a ASEBS. [online] [cit. 2016-05-02]. Dostupné z:
<http://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/fyziologie/fyziologie-a-patofyziologie>
- [11] WIKISKRIPTA. [online] [cit. 2016-07-02]. Dostupné z:
http://www.wikiskripta.eu/images/3/36/Ztraty_graf..png
- [12] WIKIPEDIA. [online] [cit. 2016-07-02]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_Sun_medical_device
- [13] MEDIVANCE. [online] [cit. 2016-07-02]. Dostupné z:
<http://www.medivance.com/AS5000Photos>
- [14] POLYMED. [online] [cit. 2016-07-02]. Dostupné z:
<http://www.polymed.eu/blanketrol-iii>
- [15] ZOLL. [online] [cit. 2016-07-02]. Dostupné z:
<http://www.zoll.com/au/medical-products/temperature-management-systems/thermogard-xp/>

- [16] TERMOKAMERA. [online] [cit. 2016-06-03]. Dostupné z:
<http://www.termokamera.cz/tabulka-emisivit/>
- [17] ENGINEERINGTOOLBOX. [online] [cit. 2016-06-03]. Dostupné z:
http://www.engineeringtoolbox.com/radiation-heat-transfer-d_431.html
- [18] WIKISKRIPTA. [online] [cit. 2016-07-03]. Dostupné z:
http://www.wikiskripta.eu/index.php/Tepelné_ztráty_organismu
- [19] FUNKCE BUNĚK A LIDSKÉHO TĚLA. [online] [cit. 2016-12-03]. Dostupné z:
<http://fbt.cz/skripta/vii-vylucovaci-soustava-a-acidobazicka-rovnovaha/6-metabolismus-vody-a-mineralnich-latek/>
- [20] WIKIPEDIA. [online] [cit. 2016-12-03]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Voda>
- [21] PARKER CHOMERICS. [online] [cit. 2016-12-03]. Dostupné z:
<https://www.chomerics.com/products/thermal/gap-fillers/high-thermal/index.html>
- [22] MASTERBOND. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.masterbond.com/tds/supreme-10aoht>
- [23] ROECHLING-PLASTICS. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.roechling-plastics.cz/cz/produkty/materialy/pvc-p/trovidur-w-1014.html>
- [24] ROECHLING-PLASTICS. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.roechling-plastics.cz/cz/produkty/materialy/abs/sustaabs.html>
- [25] WIKIPEDIA. [online] [cit. 2016-12-03]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Hliník>
- [26] KRYOTHERM. [online] [cit. 2016-01-04]. Dostupné z:
<http://kryothermtec.com/high-efficient-single-stage-thermoelectric-coolers.html#a1>
- [27] ELEKTRONIKA MÉ HOBBY. [online] [cit. 2016-01-04]. Dostupné z:
<http://elektronika-me-hobby.michal-kolesa.cz/dimenzovani-prurezu-elektrickeho-vodice-a-urceni-typu-elektrickeho-kabelu.php>
- [28] SENSIT. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<http://www.sensit.cz/shop/tg-6zavit-m6-30-az-200-c/tg-6/bcff08ba.html>
- [29] DECODOMA. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
https://www.decodoma.cz/Reflexni-folie-za-topeni.html?gclid=CjwKEAjw0KK4BRDCiKHD5Ny8pHESJACLE620ozD1-fkyRXs6nId8VTj61ytCaxFmnL9sOj7v34HPDhoCjLfw_wcB

- [30] ALPHACOOOL. [online] [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:
http://www.alphacool.cz/produkt/XSPC_G1-4-_to_1-2-_Barb_Fitting_-Black_Chrome-.html?arg1=01060312
- [31] ALPHACOOOL. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
http://www.alphacool.cz/produkt/Aqua_Computer_D5_Pump_-_USB_version.html?arg1=010604
- [32] ALPHACOOOL. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
http://www.alphacool.cz/produkt/Alphacool_Eisdecke_V3_Laing_D5_TOP_-_Acetal.html?arg1=010609
- [33] WIKIPEDIA. [online] [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Viskozita#v.C3.BDpo.C4.8Det>
- [34] WIKIPEDIA. [online] [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Voda>
- [35] SKF. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<http://www.skf.com/group/products/actuation-systems/linear-actuators/matrix-series/max-6/index.html>
- [36] WIKIPEDIA. [online] [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Prandtlovo_číslo
- [37] CONRAD. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<http://www.conrad.cz/hladinovy-snimac-honeywell-lle205000-5-12-v-dc-nerez.k505339>
- [38] AQUACOMPUTER. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
http://shop.aquacomputer.de/product_info.php?language=en&products_id=2897&XTCsid=sit58pn8d494lab8tdav96dvj0mj1o94
- [39] AQUACOMPUTER. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
http://shop.aquacomputer.de/product_info.php?language=en&products_id=2293&XTCsid=lp0ggclm8g1mke8tpq1t80dmttfgm43
- [40] AQUACOMPUTER. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
http://shop.aquacomputer.de/product_info.php?products_id=3126
- [41] PARKER. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<http://ph.parker.com/us/da/ball-valves-universal-series/6402-20-27>
- [42] PARKER. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<http://ph.parker.com/us/en/series-fem-if-quick-coupling/fem-251-4fb>
- [43] SAGITTARIUS. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<http://www.sagittarius.cz/cz/automaticky-odvzdušnovací-ventil-caleffi-se-zpetnou-klapkou-10-bar-max-110-c-1-2->

- [44] ALPHACOOOL. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
http://www.alphacool.cz/produkt/Primochill_PrimoFlex_Advanced_LRT_Clear_Tubing_-_19-13mm.html?arg1=01060205
- [45] ROECHLING-PLASTICS. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.roechling-plastics.cz/cz/produkty/materialy/pp/polystone-p-homopolymer.html>
- [46] FAST10.VSB. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/5.html>
- [47] TZB-INFO. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.tzb-info.cz/1002-priblizny-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubi>
- [48] TZB-INFO. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.tzb-info.cz/8514-vliv-mistnich-odporu-na-tlakove-ztraty-v-potrubi>
- [49] WIKIPEDIA. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Richard_Heinrich_Blasius
- [50] LCDARMS. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<http://www.lcdarms.com/products/monitor-mounts/7020>
- [51] TEGUAR. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<https://teguar.com/tp-2040-10m-all-in-one-medical-pc.html>
- [52] TENTE. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<https://www.tente.com/cz-cz/5944uap150r36-32s30oh155.html>
- [53] DIRECTINDUSTRY. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<http://pdf.directindustry.com/pdf/tente/e-drive-1/6276-635997.html>
- [54] CZECH-MEANWELL. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<http://www.czech-meanwell.cz/meanwell/eshop/0/0/5/3542-MSP-200-24-Mean-Well-Spinany-zdroj-Medical-200W-24V>
- [55] CZECH-MEANWELL. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.czech-meanwell.cz/meanwell/eshop/0/0/5/3559-MSP-450-36-Mean-Well-Spinany-zdroj-Medical-450W-36V>
- [56] DIGI. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.digi.com/products/usb-and-serial-connectivity/usb-over-ip-hubs/anywhereusb#specifications>
- [57] HUMMEL. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.hummel.com/en/service/technology-centre/circular-connector/product-specifications.html>

- [58] E-BOUTET. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.e-boutet.fr/42/Sauterelles-de-Bridage/Sauterelle-a-etrier-horizontal-en-acier.html>
- [59] HMS-VILGO. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
<http://www.hms-vilgo.com/visuels/actualites/New%20EN%2060601-2-52%20standard-versionWeb.pdf>
- [60] VUPB. [online] [cit. 2016-01-05]. Dostupné z:
http://www.vubp.cz/ces/soubory/konference2012/prokopova_ergonomie-nemocnicniho-luzka.pdf
- [61] ROECHLING-PLASTICS. [online] [cit. 2016-02-05]. Dostupné z:
<http://www.roechling-plastics.cz/cz/produkty/materialy/pei.html>
- [62] ROECHLING-PLASTICS.[online] [cit. 2016-05-02]. Dostupné z:
<http://www.roechling-plastics.cz/cz/produkty/materialy/pe/pe-uhmw-pe-1000/polystone-m-microbloc.html>
- [63] LINET.[online] [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.linet.com/cs/zdravotnictvi/luzka>
- [64] ZOBEL-COATINGS.[online] [cit. 2016-05-02]. Dostupné z:
<http://www.zobel-coatings.de/87-1-Solid-color-tones.html>
- [65] BIOPOL.[online] [cit. 2016-05-02]. Dostupné z:
<http://www.biopol.cz/vyrobky/item/135-bisil-profi.html>

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

| | | |
|--------|--|--|
| Obr.1 | Hlediska zohledněné pro konstrukci nemocničního lůžka pro uplatnění hypotermie | 18 |
| obr.2 | Lůžko multicare le od firmy linet [63]..... | 18 |
| obr.3 | Mechanismy výdeje tepla [10]..... | 19 |
| obr.4 | Ztráta tepla nahého člověka – graficky [11] | 19 |
| obr.5 | Teplota organismu při okolní teplotě 20 °c a 35°c [10]..... | 20 |
| obr.6 | Arctic sun® 5000 temperature management systém [13]..... | 20 |
| obr.7 | Blanketrol iii [14] | 21 |
| obr.8 | Ukázka zavedení katétru do krevního řečiště [15]..... | 21 |
| obr.9 | Nemocniční lůžko dle varianty 1 | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.10 | Kompletní konstrukční řešení lůžka | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.11 | Popis částí lůžka pod krytovaním | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.12 | Chlazená část na celkové ložné ploše lůžka (oranžově) | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.13 | Nejvyšší muž a nejnižší žena – chladicí plocha (vlevo) a ukázka umístění kolen k chladicí ploše (vpravo) | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.14 | Skladba teplo vodivé plochy..... | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.15 | Chladicí sekce a jednotlivé části ložné plochy | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.16 | Zobrazení maximálního natočení ložné plochy u jednotlivých dílů..... | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.17 | Zádový díl z abs plastu | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.18 | Mechanismus znemožňující pohyb kloubu - momentálně mezi stehenní a přechodovou částí | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.19 | Zjednodušené schéma chladicí plochy pro výpočet | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| obr.20 | Článek drift 1,15 (vlevo) a teplotní snímač tg6 (vpravo) [22],[28] | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |

- obr.21 Uchycení peltierova článku **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.22 Reflexní fólie sloužící jako izolace [29] **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.23 Umístění peltierových článků s chladicími bloky **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.24 Umístění teplotních snímačů na hliníkových deskách (modrá kolečka) **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.25 Zobrazení kanálu v chladicím bloku **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.26 Schéma proudění kapaliny z nádrže přes čerpadlo (pouze jedna chladicí větev) **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.27 Hladinový snímač honeywell lle205000 (vlevo), průtokový senzor aquacomputer (uprostřed) a teplotní senzor aquacomputer na výstupu z chladicího bloku (vpravo) [37],[38],[39]
CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
- obr.28 Teplotní senzor aquacomputer umístěný v topu čerpadla (vlevo), uzavírací ventil parker (uprostřed) a rychlospojky parker (vpravo) [40],[41],[42] **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.29 Aqua computer d5 pump (vlevo) a alphacool eisdecke v3 laing d5 top (uprostřed) a automatický odvětrávací ventil caleffi (vpravo) [31],[32],[43] **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.30 Primochill primoflex advanced lrt clear tubing - 19/13mm [44] **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.31 100 l nádrž (horní a spodní díl) **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.32 Chladicí blok peltierova článku **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.33 Vzhled a uchycení nádrže (červeně) **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.34 Uchycovací čep umožňující nádobě zapadnout do drážky a znemožnit pohyb **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.35 Boční pohled na rámovou konstrukci lůžka . **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.36 Pohled shora na konstrukci lůžka **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.37 Aktuátor max6 [35] **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.38 Umístění aktuátorů **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**

- obr.39 Uložení aktuátorů – otočný kloub – zádová část (vlevo) a pevné uložení – lýtková část (vpravo) **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.40 Zobrazení čepů pro uchycení aktuátorů – zádový díl horní čep (vlevo), zádový a lýtkový díl spodní čep (uprostřed) a lýtkový díl horní čep (vpravo) **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.41 Nosná trubka držící přechodový díl s lýtkovým nebo se stehenním dílem**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.42 Šroub v ocelovém profilu držící zadní stranu lůžka**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.43 Sklopné rameno 7020 (vlevo) a počítačová jednotka all-in-one medical pc | tp-2040-10m (vpravo) [50], [51].....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.44 Kolečko linea od firmy tente (vlevo) a páte elektrické kolečko e-drive (vpravo) [52], [53] **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.45 Umístění koleček od firmy tente (červeně)...**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.46 Spínaný zdroj msp-200-24 (vlevo) a msp-450-36 (vpravo) [54], [55].**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.47 Uložení jednotlivých zdrojů**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.48 Anywhereusb /14 – usb hub pro se 14 konektory [56]**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.49 Horizontal clamp boutet model 5825-0140 [58].....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.50 Pohled na uchycení krytovacích plechů.....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.51 Přichycení obou částí krytování svorkou (vlevo), drážky na krycím plechu přichyceném na rám lůžka (uprostřed) a jednotlivé úchyty na okrajích krycího plechu (vpravo) ...**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.52 Postranice zádového dílu**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.53 Zobrazení umístění postranic vzhledem k ložné ploše [60].....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.54 Vzdálenost postranic od ložné plochy v mém návrhu je 25 mm**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.55 Výška postranic nad ložnou plochou**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**

- obr.56 Velikost mezer postranic a tloušťka úchytů splňující normu en 60601 - 2 -52**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.57 Bočnice lýtkové části (vpravo)**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.58 Působení síly 1500 n na spodní část rámu**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.59 Působení síly 6000 n na horní část rámu**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.60 Pevné vazby na rámu**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.61 Zobrazení celkového výsledku napětí.....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.62 Místo maximálního napětí 521,3 mpa**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.63 Zobrazení posunutí celkového rámu.....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.64 Zatížení jednotlivých stran lůžka [31]**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.65 Zatížení silou 2200 n**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.66 Maximální napětí 281,4 mpa v místě uchycení koleček.....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.67 Ukázka zatížení ploch na délce 250 cm silou 2200 n (vlevo) a maximální posunutí o 1,508 mm (vpravo).....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.68 Maximální napětí na zadní části lůžka 393,3 mpa.....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.69 Ukázka zatížených ploch silou 2200 n (vlevo) a maximální posunutí 2,925 mm (vpravo)
CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
- obr.70 Maximální napětí 311 mpa v místě vytvořeného otvoru pro našroubování šroubů...**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.71 Ukázka zatížení silou 2200 n na plochu (vlevo) a maximálního posunutí (vpravo)..**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- obr.72 Maximální napětí 497,4 mpa**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**

12 SEZNAM TABULEK

- Tab.1 morfologická matice**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.2 morfologická matice pro variantu č. 1 ..**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.3 morfologická matice pro variantu č. 2 ..**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**

- Tab.4 morfologická matice pro variantu č. 3..**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.5 peltierův článek - tb-199-1,4-1,15 (drift-1,15) [26].....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.6 optimální chladicí výkon podložky.....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.7 optimální chladicí výkon podložky i s člověkem**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.8 tabulka pro výpočet koeficientu f**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.9 vlastnosti pp homopolymeru od firmy röchling [45]**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.10 tabulka tlakových ztrát vlivem místních odporů [48]**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.11 parametry aktuátoru max6 [35].....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.12 kontrola napětí v ohybu pro jednotlivé prvky.....**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.13 kontrola napětí ve střihu pro jednotlivé prvky**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.14 kontrola na otláčení pro jednotlivé prvky**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
- Tab.15 vlastnosti abs plastu -sustaabs od firmy röchling [24]...**CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**

13 SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1

| | |
|-----------------------|---|
| VÝKRES SESTAVY: | 1 |
| VÝROBNÍ VÝKRES: | 1 |

PŘÍLOHA 2

| | |
|------------------------|---|
| POŽADAVKOVÝ LIST | 1 |
| SEZNAM FUNKCÍ | 2 |

| | |
|----------------------------------|---|
| TRANSFORMAČNÍ PROCES | 3 |
| BLOKOVÉ SCHÉMA | 4 |
| HIERARCHICKÝ FUNKČNÍ STROM | 5 |

PŘÍLOHA 3

| | |
|--|----|
| 10" ALL-IN-ONE MEDICAL PC TP-2040-10M [51] | 1 |
| 7020 – UNDER-TABLE LONG REACH MONITOR MOUNT [52] | 2 |
| BARVA ZOWO-PLAST® 1450 [64] | 3 |
| BARVA BISIL PROFI [65] | 4 |
| MSP-200-24 MEAN WELL SPÍNANÝ ZDROJ MEDICAL 200W 24V [54] | 5 |
| MSP-450-36 MEAN WELL SPÍNANÝ ZDROJ MEDICAL 450W 36V [55] | 6 |
| TENTE LINEA [52] | 7 |
| VLASTNOSTI PEI MATERIÁLU OD FIRMY RÖCHLING [61] | 8 |
| VLASTNOSTI PE MATERIÁLU POLYSTONE® M MICROBLOC [62] | 9 |
| NÁVRH PRUŽINY POUŽITÝCH V POSTRANICÍCH (INVENTOR 2015 PRO) | 10 |